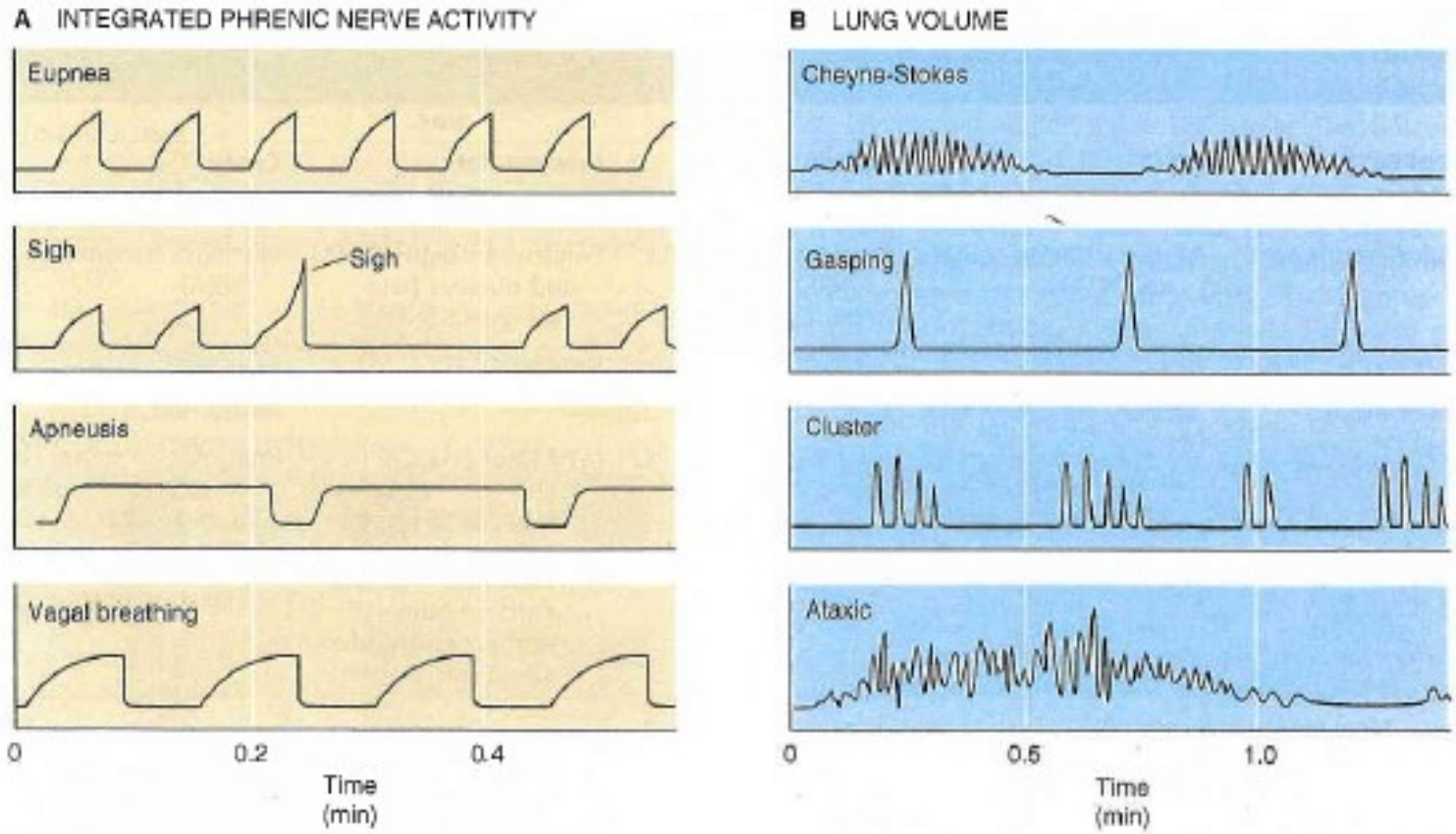
Dýchání za různých podmínek

Periodické dýchání

- Není pravidelné, rytmické, ale dýchání probíhá v periodách („chvilku se dýchá, chvilku se nedýchá“)

- **CHEYNE-STOKESOVO** dýchání
- **BIOTOVO** dýchání
- **Lapavé** dýchání („gasping“)
- KUSSMAULOVO dýchání u diabetického komatu

- **Apneusis**
- **Asfyxie**
- **Zívnutí** – povzdech – výrazné zvětšení objemu hrudníku a dechového objemu, slouží k otevření kolabovaných alveolů, krátkodobě zvyšuje okysličení krve


A INTEGRATED PHRENIC NERVE ACTIVITY
Eupnea
Sigh
Sigh
Apneusis
Vagal breathing
0
0.2
0.4
Time
(min)
B LUNG VOLUME
Cheyne-Stokes
Gasping
Cluster
Ataxic
0
0.5
1.0
Time
(min)

Regulace dýchání při zátěži

- Změna ventilace bezprostředně po začátku svalové práce = kombinace chemických i dalších nechemických vlivů

- Pravděpodobně je rozhodující nervová regulace, chemické podněty upřesňují nastavení plicní ventilace

- Minutová plicní ventilace se zvyšuje přímo úměrně spotřebě kyslíku
  - hodnoty pO_2, pCO_2 a pH se výrazně nemění

Regulace dýchání při zátěži

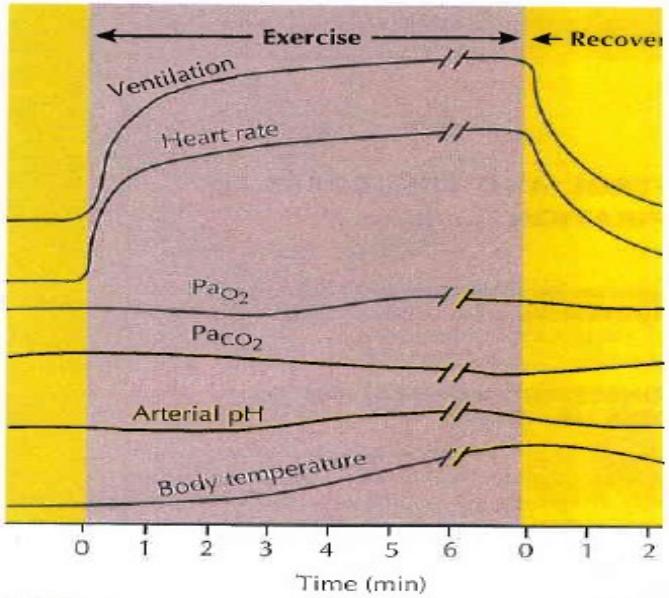
- Respirační centrum je aktivováno z motorických oblastí mozkové kůry (eferentní kortikospinální dráhy k motoneuronům předních rohů míšních a současně kolaterálami do mozkového kmene)
  - proces učení v průběhu života moduluje tyto změny tak, aby velikost ventilace odpovídala metabolickým nárokům organismu co nejpřesněji

- Dráždění proprioreceptorů v pracujících svalech, šlachách a kloubních pouzdrech (aferentní dráhy do míchy, vzestupné dráhy s kolaterálami aktivují respirační centra)

Regulace dýchání při zátěži

- Kombinace chemické i nechemické stimulace dechového centra – zvýšení minutové ventilace na 150-170l/min (u trénovaných)
  - Poznámka: nezapomeňte na Bohrův efekt – snazší uvolňování kyslíku z hemoglobinu ve svalové tkáni
  - Horní hranice možnosti přísunu kyslíku ke tkáním: srdeční výdej 5-7xvyšší – extrakce kyslíku z krve 3x klidová hodnota - množství kyslíku dodávané pracujícím svalům až 20x

Respiratory Response to Exercise

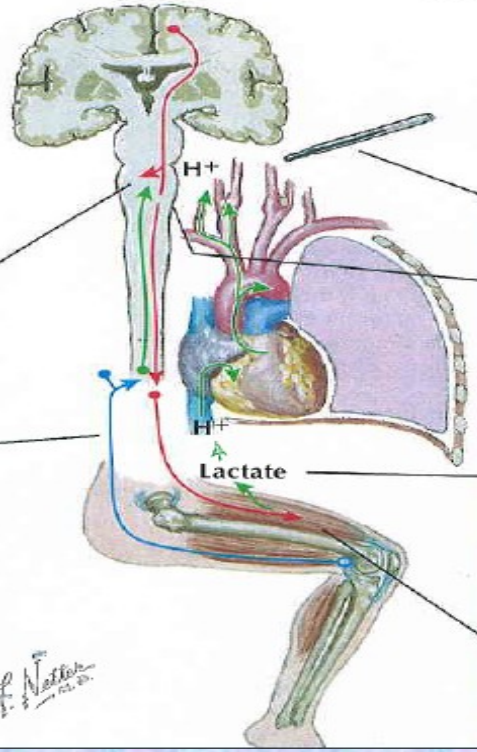


Factors that may account for initial abrupt rise and sharp terminal drop in ventilation

Collaterals to respiratory centers from motor pathways for muscle activation

Proprioceptive afferents from joint receptors to respiratory centers

Other unknown factors



Factors that may play a part in continued elevation of ventilation during continuing exerc

Rise in body temperatu accounts for a small pa of elevation

Respiratory neurons see to be more responsive t changes in chemorecep activity. Centers may b more sensitive to fluctuation than to absc values of Pa_{O_2}, Pa_{CO_2}, or pH

Lactic acid production due to anaerobic metabolism in muscle may increase H^+ concentration of blood and CSF, thus affecting chemoreceptors

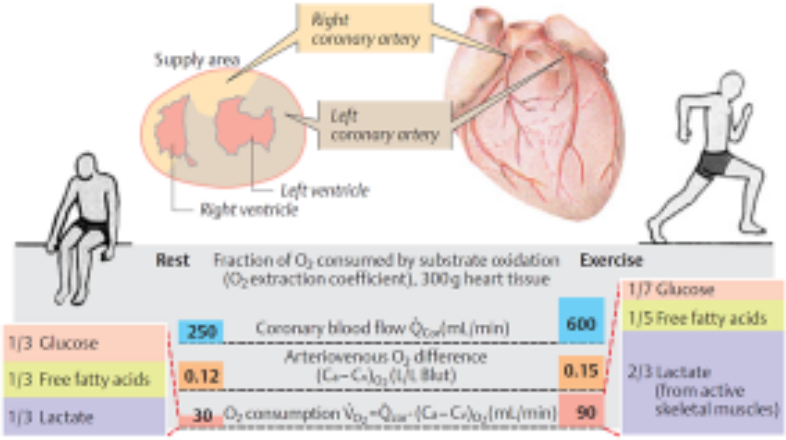
Possible metaboreceptc in exercising muscle

Other unknown factors

KARDIOVASCULAR SYSTEM

Athletic heart :

- Hypertrophy + dilatation
- Increased volume reserve (1,5x)
- Increased chronotropic reserve



„Physiological" hypertrophy

- Extending muscle fibers and increasing their thickness
- Remodeling accompanied by normal or increased contractility

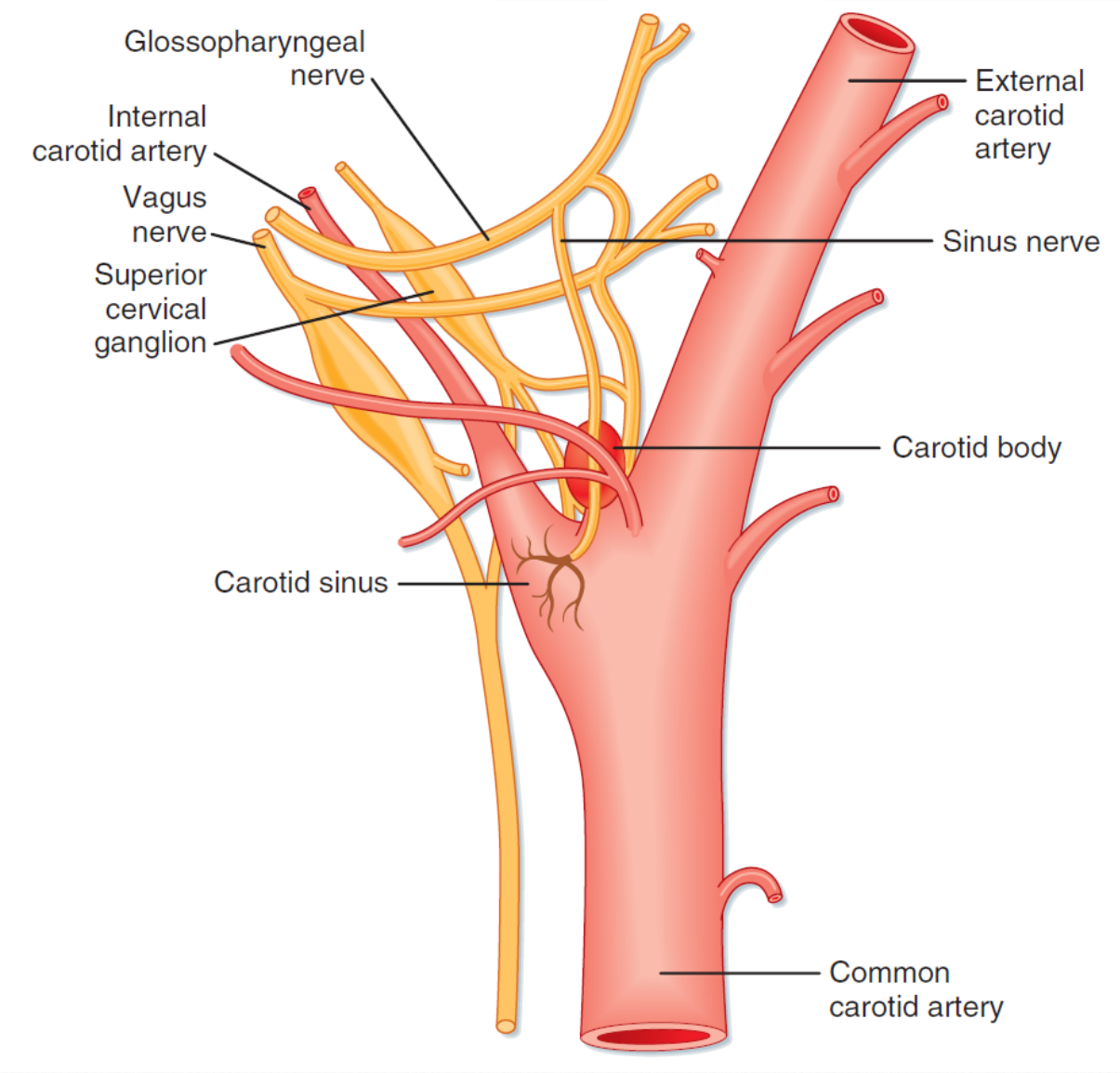
parameter	**rest**	**workload**
CO (l/min)	5-6	25 (35)
HR (t/min)	70	210
SV (ml)	70	115
SBP (mmHg)	120	zvýšení
DBP (mmHg)	70	↑ nebo = nebo ↓

parameter	**rest**	**workload**
MV (l/min)	6-12	90-120
BF (d/min)	12-16	40-60
BO (ml)	0,5-0,75	2
blood flow (l/min)	5,5	20-35
intake O_2 (ml/min)	250-300	3000

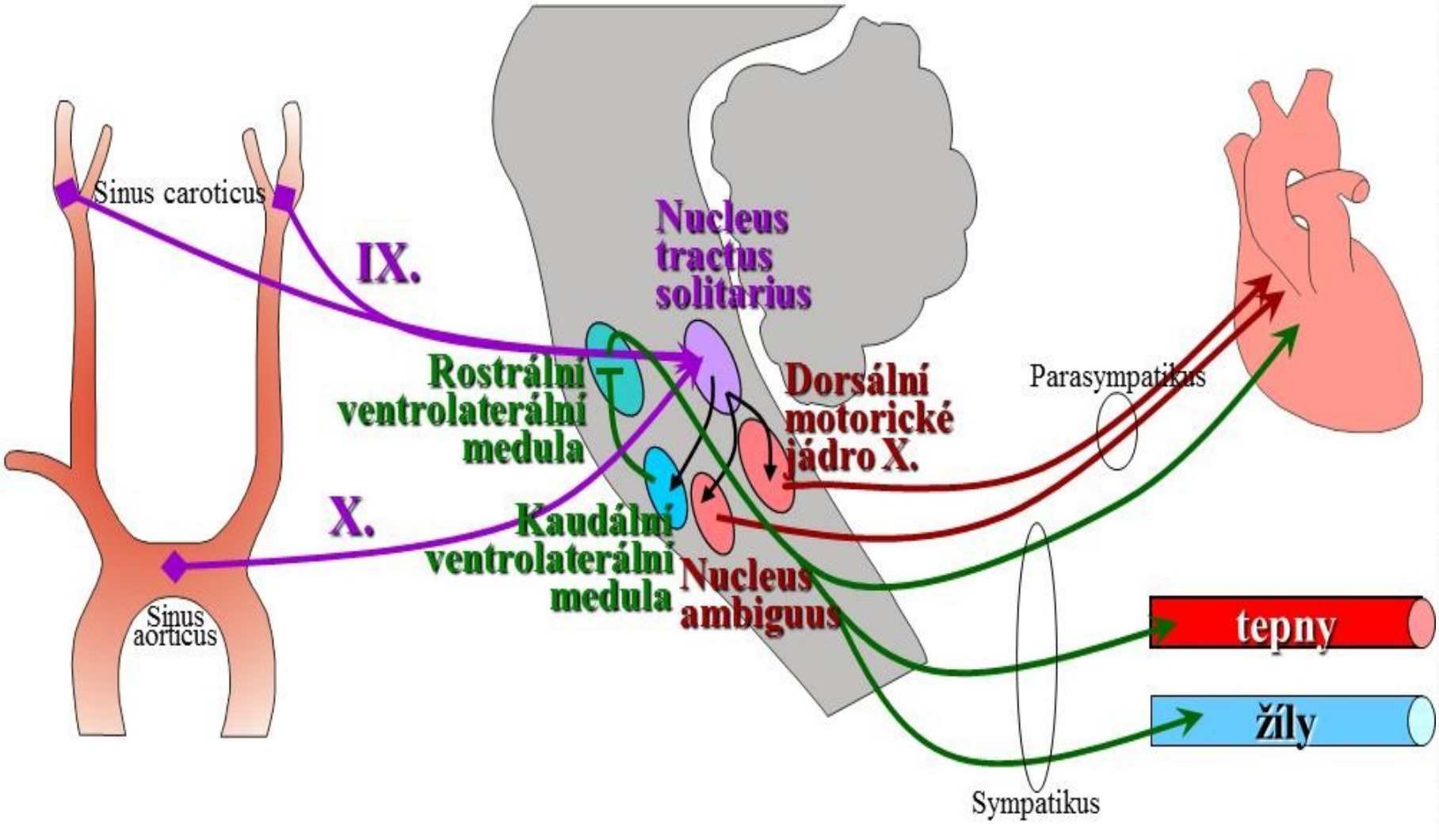
Změny polohy těla

Ortostatická – klinostatická reakce

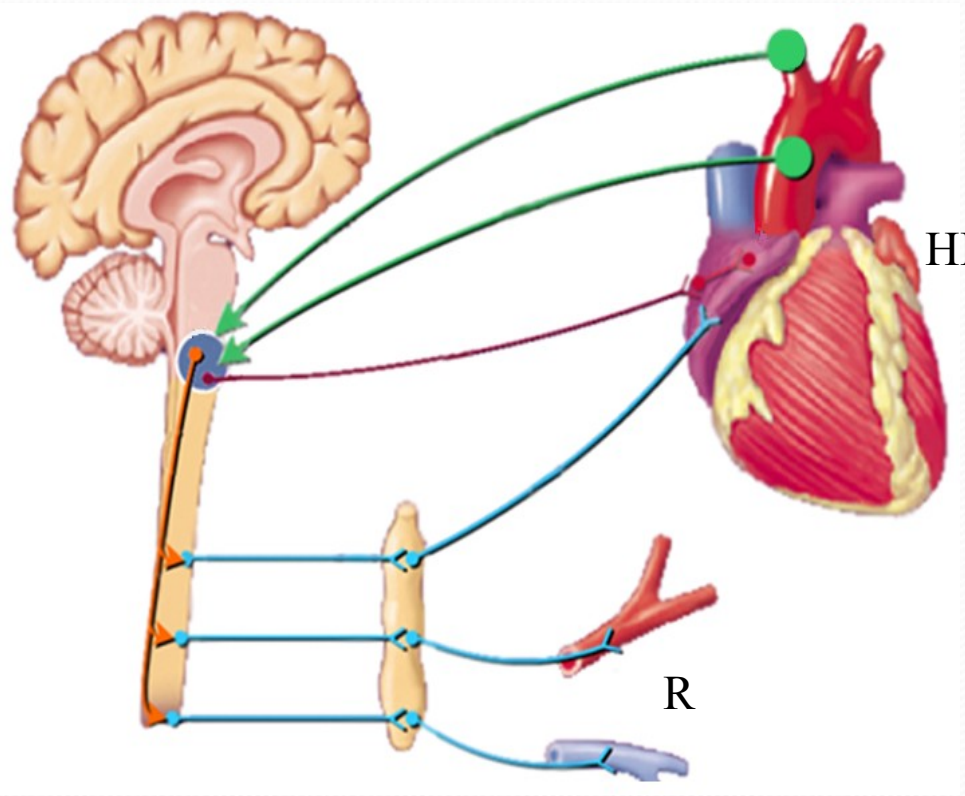
BARORECEPTORY VS. CHEMORECEPTORY



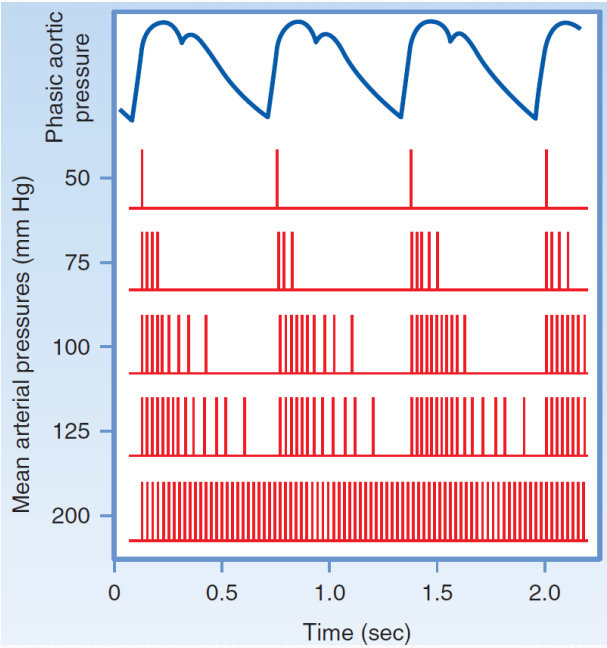
Krátkodobá regulace krevního tlaku
BAROREFLEX



BAROREFLEX I



aferentní vlákna
parasympatická vlákna
sympatická vlákna

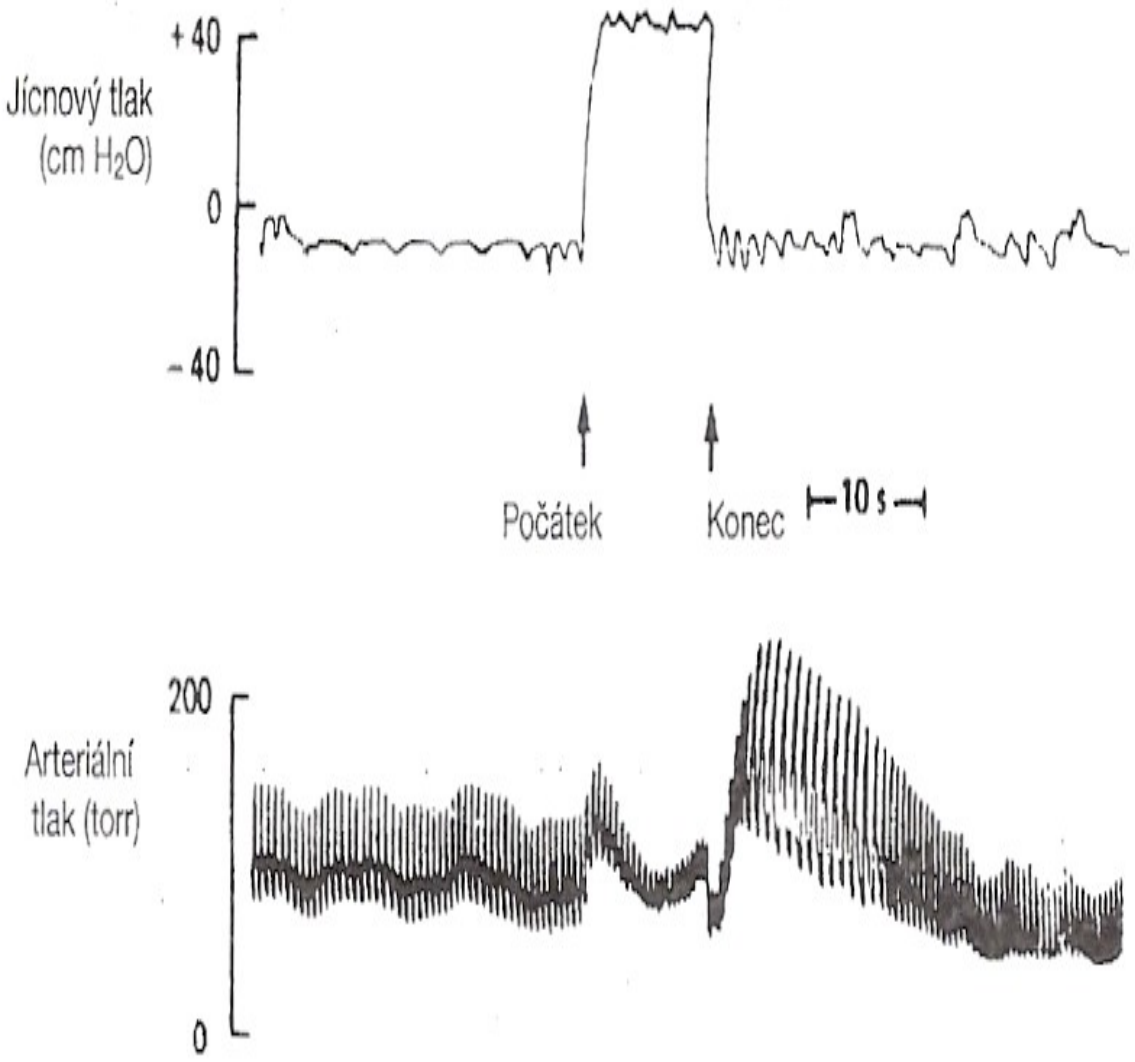


- Inotropní
- Chronotropní
- Dromotropní
- Batmotropní

} efekt

BP=HR x SV x R

Defekace



Obr. 31-11. Schéma reakce na úsilí (Valsalvův manévr) u normálního člověka, zanamenaný katetrem v brachiální arterii

Vliv gravitace

Hypoxie, hypoxemie

- **Hypoxie** je souhrnný název pro nedostatek kyslíku v těle nebo v jednotlivých tkáních.
- **Hypoxemie -** nedostatek kyslíku v arteriální krvi.
- **Anoxie -** úplný nedostatek kyslíku

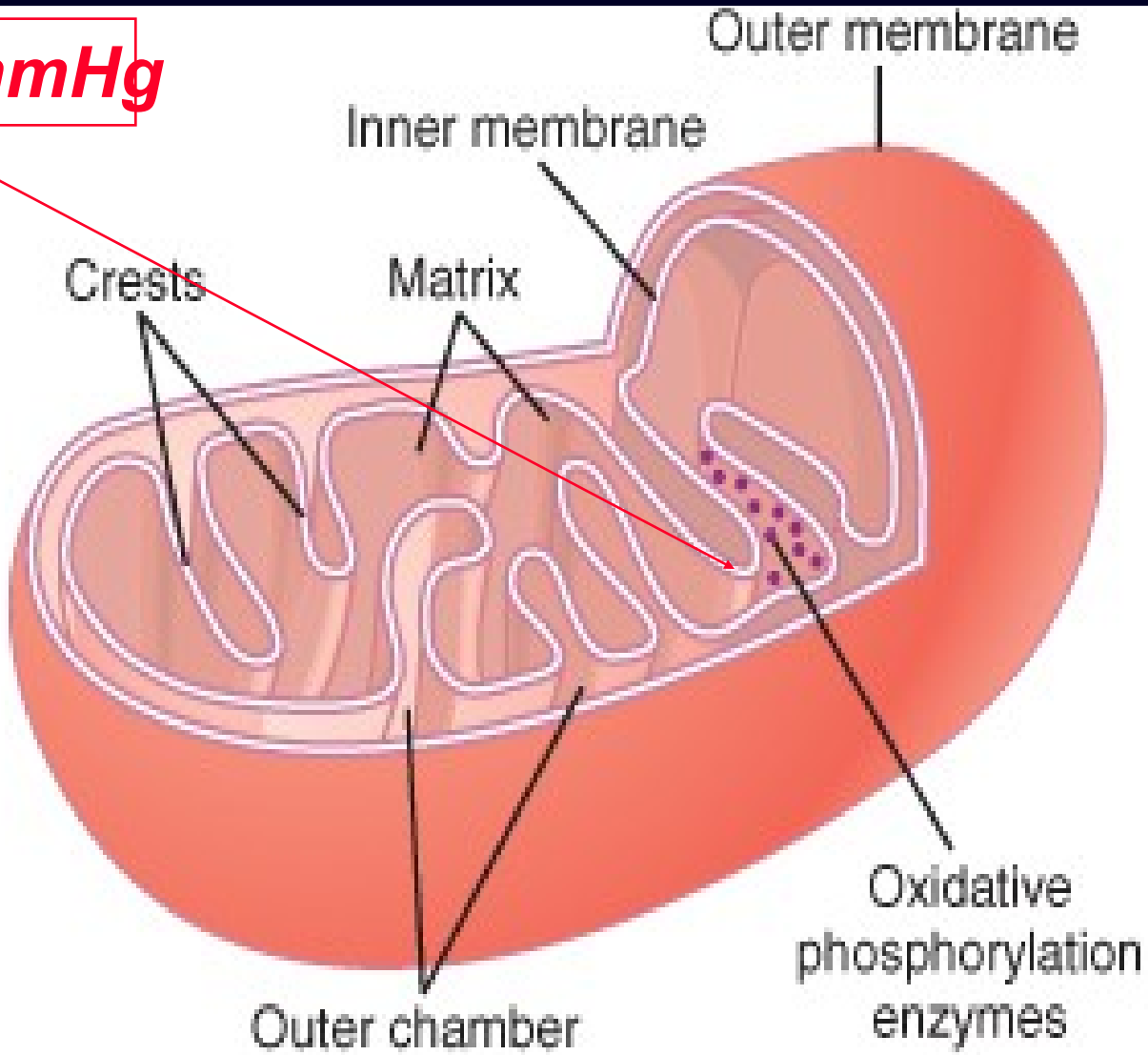
Nejčastější typy hypoxií:

1. Hypoxická – fyziologie: při pobytu ve vyšších nadmořských výškách, patologie: hypoventilace při plicních nebo nervosvalových chorobách
2. Transportní (anemická) – snížená transportní kapacita krve pro kyslík (anémie, ztráta krve, otrava CO)
3. Ischemická (stagnační) – omezený průtok krve tkání (srdeční selhání, šokové stavy, uzávěr tepny)
4. Histotoxická – buňky nejsou schopny využít kyslík (otrava kyanidy – poškození dýchacího řetězce)

KYSLÍKOVÁ KASKÁDA

	mmHg
Suchý atmosférický vzduch	159
Zvlhčený zahřátý atmosférický vzduch	149
Ideální alveolární plyn	100
End-exspirovaný vzduch	105
Arteriální krev	77
Cytoplazma – mitochondrie	3-10
Smíšená žilní krev	40
Žilní krev	20

$pO_2 = 1\ mmHg$



© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

Letošní Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu obdrželi Američané William G. Kaelin a Gregg L. Semenza a Brit Sir Peter J. Ratcliffe za práci na objasnění podstaty jednoho z klíčových adaptivních systémů pro život člověka a dalších živočichů. Všichni tři přispěli k poznání molekulárních mechanismů, jejichž prostřednictvím buňky vnímají dostupnou koncentraci kyslíku a vyrovnávají se s ní. Je známo, že organismus reaguje na nedostatek kyslíku zvýšením produkce erytropoetinu, který podněcuje tvorbu červených krvinek. Americký vědec a lékař Semenza při bádání, jak je regulována aktivita genu pro erytropoetin při různých, měnících se koncentracích kyslíku, odhalil bílkovinový komplex zvaný hypoxií indukovaný faktor neboli HIF, jeho fungování a zásadní roli v celém procesu. Touto problematikou se zabýval i britský lékař, buněčný a molekulární biolog Ratcliffe. Oba týmy pak např. zjistily, že mechanismus pro vnímání koncentrace kyslíku je přítomen prakticky ve všech tkáních. Americký onkolog William G. Kaelin Jr. pronikl k dalším podrobnostem tohoto mechanismu při výzkumu onkologických onemocnění. Tyto objevy jsou krokem k dalšímu pokroku v léčbě nejen nádorových chorob, ale např. i chudokrevnosti.

© Nobel Media. Photo: A. Mahmoud

Gregg L. Semenza

Sir

Peter J. Ratcliffe

FRS FMedSci

Ratcliffe in 2019

Born	Peter John Ratcliffe 14 May 1954 (age 67) Morecambe, England, UK

William G. Kaelin Jr., MD
(Photo by Steve Marsel)

Nobelova cena za fyziologii a lékařství 2019

Turistika na horách

Výšková nemoc
(příklad hypoxické hypoxie)

Nadmořská výška – saturace hemoglobinu
(čísla v závorkách představují aklimatizované hodnoty)

Nadmořská výška (m)	barometrický tlak (mmHg)	pO_2 ve vzduchu (mmHg)	pCO_2 v alveolech (mmHg)	pO_2 v alveolech (mmHg)	saturace (%)
0	760	159	40 (40)	104 (104)	97 (97)
3 048	523	110	36 (23)	67 (77)	90 (92)
6 096	349	73	24 (10)	40 (53)	73 (85)
9 134	249	47	24 (7)	18 (30)	24 (38)
12 192	141	29			
15 240	87	18			

Dýchání s čistým kyslíkem

výška (m)	arteriální saturace (%)	barometrický tlak (mmHg)	pCO2 alveolární (mmHg)	pO2 alveolární (mmHg)
0	100	760	40	673
3 048	100	523	40	436
6 096	100	349	40	262
9 134	99	349	40	139
12 192	84	141	36	58
15 240	15	87	24	16

Pracovní kapacita ve vysoké nadmořské výšce

Pracovní kapacita	normální podmínky v nížinách (%)
neaklimatizovaní	50
Aklimatizace po 2 měsících	68
Narozeni na horách 4 023 m Ale pracující v 5 182 m nad mořem	87

VÝŠKOVÁ HYPOXIE
mírný stupeň

CNS	*euforie, ztráta orientace*
GIT	*nevolnost*
Sensitivita	*bolest hlavy*
Respirace	*zrychlená*
TK	*mírný vzestup*
TF	*zvýšená, nepravidelná*
Sval	*ztráta koordinace*

VÝŠKOVÁ HYPOXIE
střední stupeň

Psychika	*poruchy zraku, závrať, strach*
GIT	*nevolnost*
Sensitivita	*prekordiální bolest*
Respirace	*po podání O_2, apnoe*
TK	*výrazný vzestup*
TF	*snížená, nepravidelná*
Sval	*spasmy, ztuhlost*

VÝŠKOVÁ HYPOXIE
- těžký stupeň

Psychika	*kóma*
GIT	*nevolnost, zvracení*
Sensitivita	*prekordiální bolest*
Respirace	*útlum, Cheyn-Stokesovo dýchání*
TK	*náhlý pokles*
TF	*výrazně snížená, nepravidelná*
Sval	*svalová slabost*

Dovolená u moře - potápění

Potápění

- **Dochází ke zvyšování okolního tlaku – hyperbarii (úměrná hloubce ponoru); na každých 10m hloubky stoupne tlak o 100kPa**
- **Organismus se musí vyrovnat s nedostupností normálního přísunu vzduchu do plic**
  - Dýchací svaly při vdechu musí překonat tlak vody na hrudník a přitom musí vyvinout dostatečný podtlak v dutině hrudní, aby se vdech uskutečnil
  - Usilovnou kontrakcí inspiračních svalů dosáhneme maximálního podtlaku asi 11kPa = hloubka 110cm (ve větších hloubkách není vdech možný, nutno použít dýchací přístroj, který nastavuje tlak vdechovaného vzduchu na úroveň tlaku okolní vody – dýchání s normálním úsilím)

Potápění - rizika

- Vzduch obsahuje 4/5 dusíku - při běžném atmosférickém tlaku neškodný
- Při vyšších tlacích, kdy stoupá parciální tlak všech plynů ve vdechované směsi se zvyšuje koncentrace dusíku v tělesných tekutinách a tkáních – uplatní se narkotický účinek
- **Dusíková narkóza** – je přítomna do hloubky 30-40m, projevy jako opilost (euforie, ztráta soudnosti, zábran, následuje únava, malátnost, bezvědomí)
- Hyperbarie také zvyšuje pO_2 ve vdechovaném vzduchu – vzestup alveolárního pO_2 , vzestup fyzikálně rozpuštěného kyslíku v krvi
- **Hyperoxie** – toxické účinky kyslíku
- Zvýšený okolní tlak zmenšuje objem tělesných dutin vyplněných vzduchem (středouší, vedlejší nosní dutiny, plíce-alveoly – Boyleův-Mariottův zákon)
- Bolestivé vtahování bubínku pokud není postupně vyrovnáván tlak středouší s okolním tlakem
- Kolaps alveolů – prevence: dýchání vzduchu pod vyšším tlakem pomocí dýchacího přístroje

Potápění

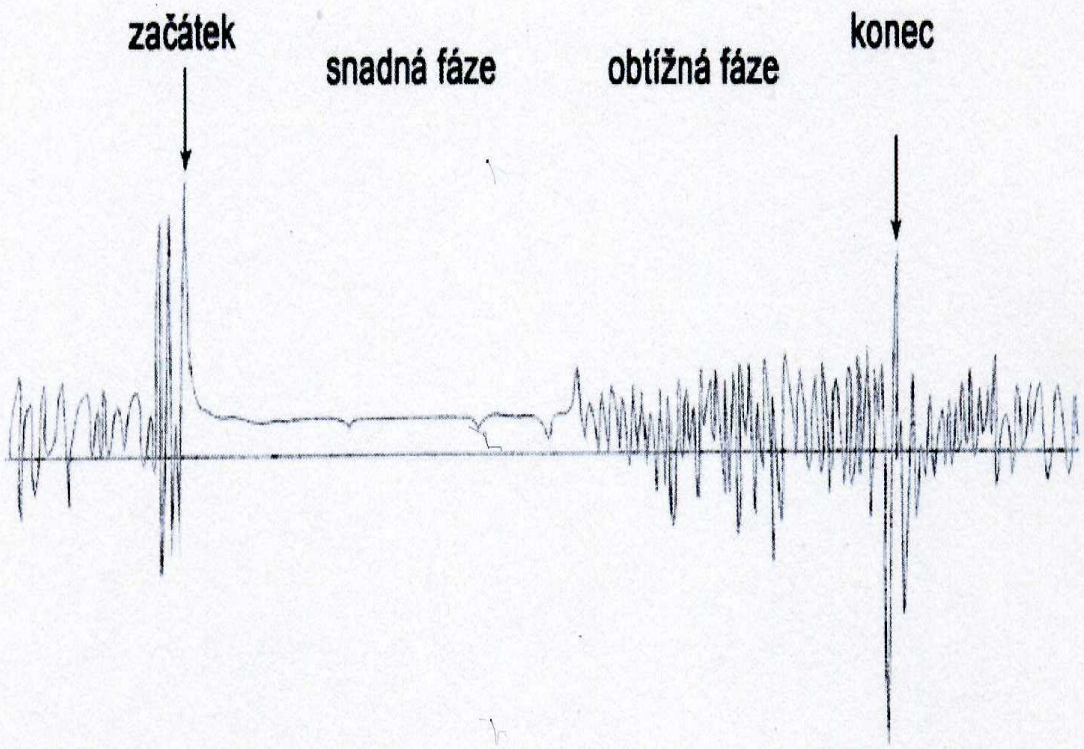
- **Krátkodobé – zadržení dechu, vzestup pCO_2 nad 6,6 kPa – stimulace dechového centra, nucení k nádechu**

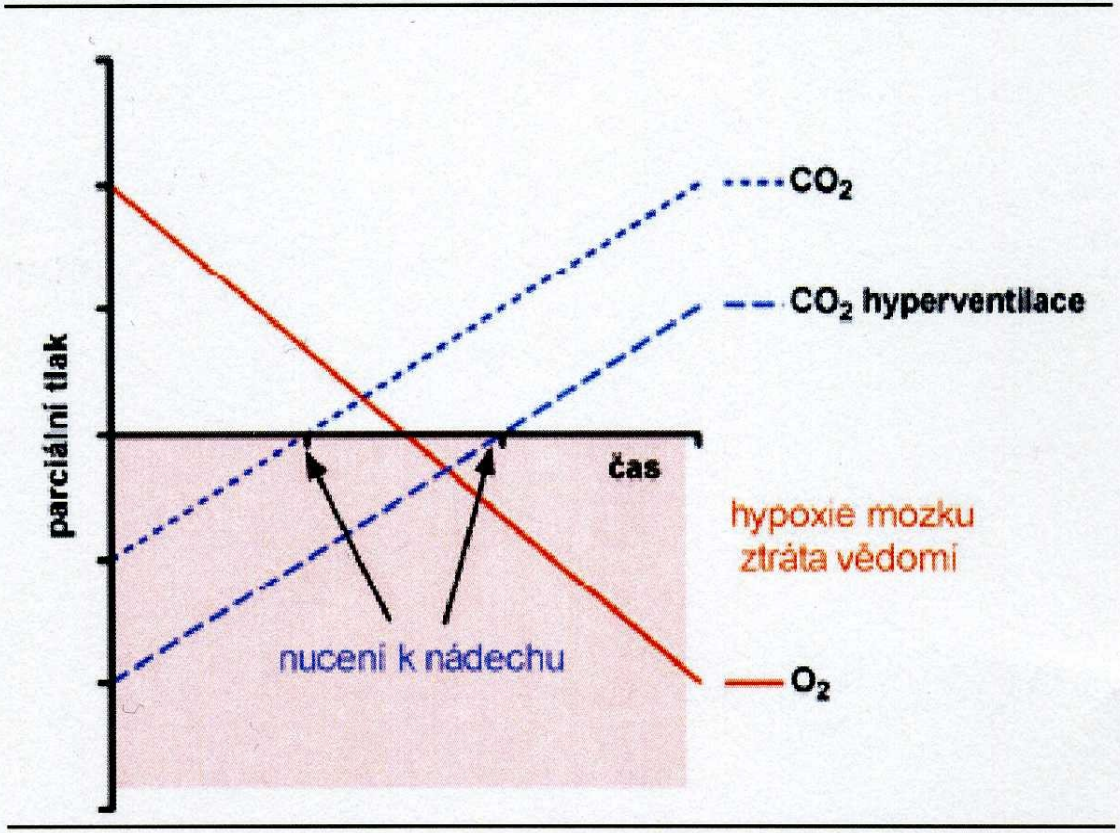
- **Dýchání pomocí dýchací trubice (šnorchlu)**
  - **Zvětšuje se objem anatomického mrtvého prostoru dýchacího – omezení alveolární ventilace**
  - **(maximální délka 40cm, průsvit 2 cm)**
- **Déletrvající potápění – s dýchacím přístrojem, otázkou je náplň přístroje: čistý kyslík (toxicita); stlačený vzduch – jen do hloubky 30-40m (velký podíl dusíku), do velkých hloubek – směs kyslíku a helia**
  - Helium je méně rozpustné ve tkáních, má menší molekulu než dusík – rychleji se vylučuje z organismu

Potápění

- Nemoc z dekomprese = kesonová nemoc

- Pokud člověk dýchá pod vodou vzduch pod vyšším tlakem delší dobu – stoupá množství dusíku rozpuštěného v tělesných tekutinách a tkáních (hlavně v tukové tkáni)
- Dostatečně pomalý návrat – difunduje kyslík z tkání do krve a je postupně vydýcháván
- Při rychlém vynoření – není čas k eliminaci dusíku a ten se hromadí ve formě bublinek ve tkáních a tekutinách
- Bublinky ve tkáních způsobují bolesti (kloubní), bublinky v krevním oběhu – ucpání drobných cév – dušnost, poškození myokardu nebo CNS
- Prevence: pomalé vynořování – 10m/min
- Léčba: okamžitá rekomprese v tlakové komoře následována pomalou dekompresí


začátek
snadná fáze
obtížná fáze
konec


parciální tlak
čas
CO_2
CO_2 hyperventilace
hypoxie mozku
ztráta vědomí
nucení k nádechu
O_2

Cestování letadlem

Zdravotní problematika

CESTOVÁNÍ LETADLEM

Zvýšené riziko

- ***Pokles hemoglobinu pod 60 % fyziologické normy***
- ***Těžký stupeň aterosklerózy***
- ***Kardiální insuficience***
- ***Respirační insuficience***
- ***Dekompenzovaná hypertonie (hodnoty nad 200/100)***

CESTOVÁNÍ LETADLEM

Vliv na systolický a diastolický TK

- *nízký pO_2 aktivuje sympatikus*
- *vzestup periferního odporu*
- *pokles srdečního objemu*
- *pokles tlakové amplitudy (někdy i středního TK)*
- *zhoršená perfúze tkání*
- *přerozdělení objemu krve*
- *zvýšená poloha bránice*

  (zhoršená hemodynamika i respirace)

CESTOVÁNÍ LETADLEM

Zvýšené riziko onemocnění

- ***srdečně cévní***

- ***trombembolické***

Podávání kyslíku - oxygenoterapie

TOXICITA KYSLÍKU

problém z produkce kyslíkových radikálů a peroxidu vodíku

- *ztráta schopnosti vázat CO_2 v žilní krvi*
- *výdej CO_2 plícemi ztíženo v důsledku rozvoje toxického plicního edému*

Kritické hodnoty > 40 kPa (300 mmHg) v závislosti na čase

TOXICITA KYSLÍKU

Expozice – 8 hodin - *dráždění dýchacího systému*
- *bolesti na hrudi*
- *překrvenost nosní sliznice*
- *bolest v krku*
- *kašel*

- *24-48 hodin*
- *poškození plic – snížená produkce surfaktantu*

Projevy

Plicní poruchy pO2 > 70 kPa (několik dnů)

200 kPa (3 – 6 hodin)

kašel, dechové bolesti

> 200 kPa

křeče, ztráta vědomí

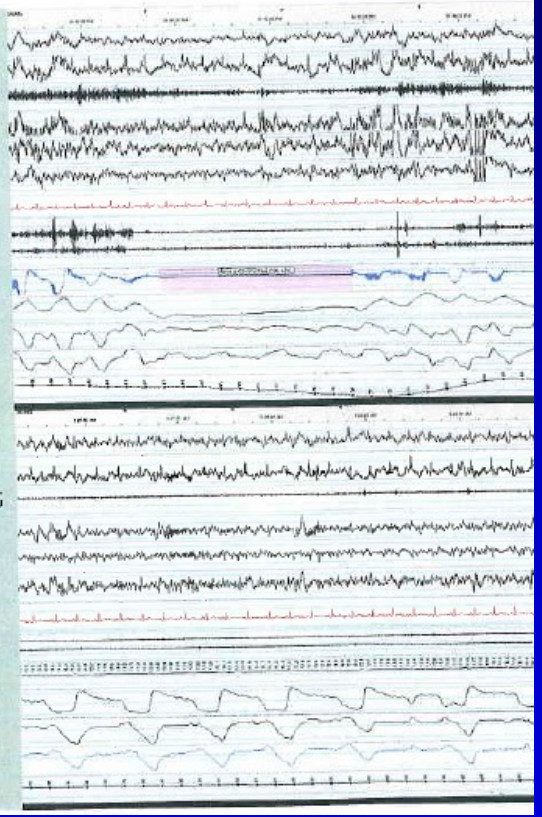
TOXICITA KYSLÍKU

Doporučení

100 % - podáváme přerušovaně

Spánková apnoe

CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE (CPAP)



TERMOREGULATION

posterior hypothalamus: reaction to cold

HYPOTHALAMUS

anterior hypothalamus: reaction to heat

AKTIVOVANÉ CHLADEM	Snížení výdeje tepla
Kožní vasokonstrikce	+
Stočení do klubíčka	+
Horripilace	+
	Zvýšení produkce tepla
Svalový třes	+
Hlad	+
Zvýšení úmyslných pohybů	+
Zvýšení sekrece katecholaminů	+
AKTIVOVANÉ TEPLEM	**Zvýšení výdeje tepla**
Kožní vasodilatace	+
Pocení	+
Zvýšení ventilace	+
Nechutenství, apatie, nečinnost	**Snížení produkce tepla**

Neurons:

1. Preoptical area - the "measurement" of temperature
2. Regio hypothalamica anterior - "set point“
3. posterior/anterior hypothalamus: reaction to cold/heat

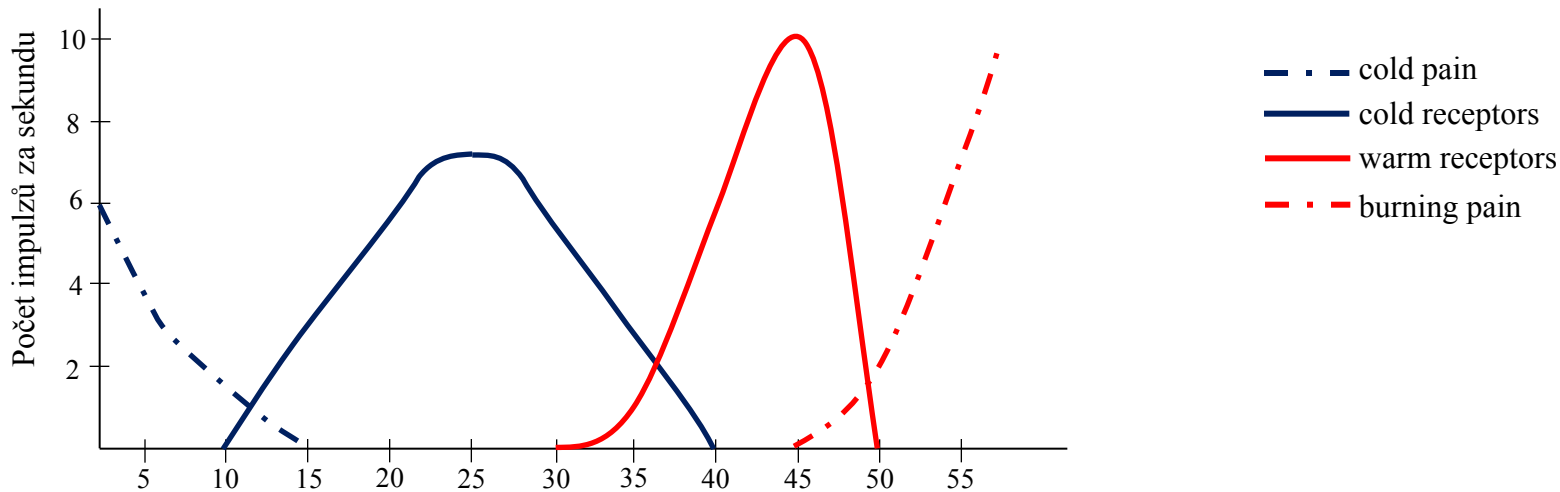
TERMOREGULATION

Krause's corpuscles

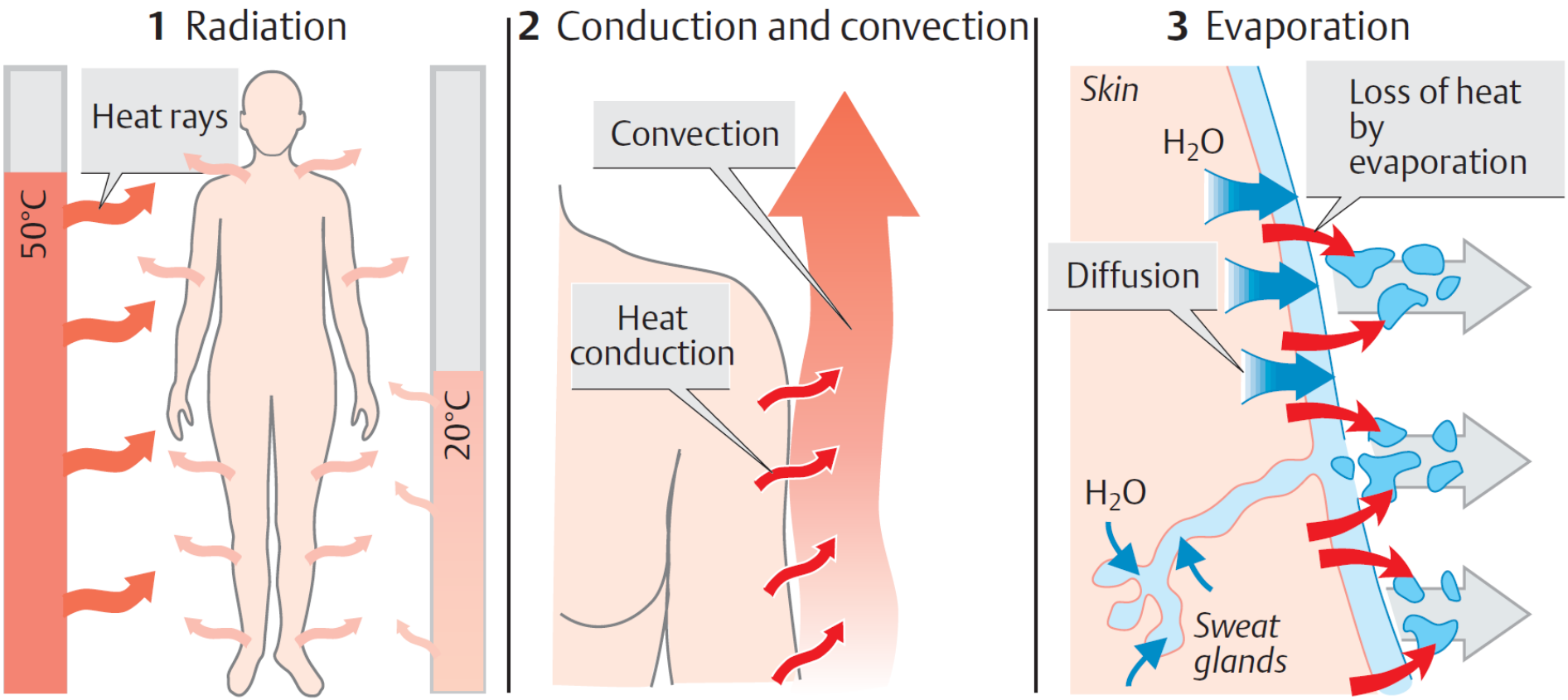
Ruffini bodies

The ratio of warm receptors r to cold is 1:3-10 ,and in different parts of the body, density of receptors is different (15 -25 of cold receptors on 1cm ^{2}of the lips; 3-5of cold receptors on 1cm ^{2} finger)

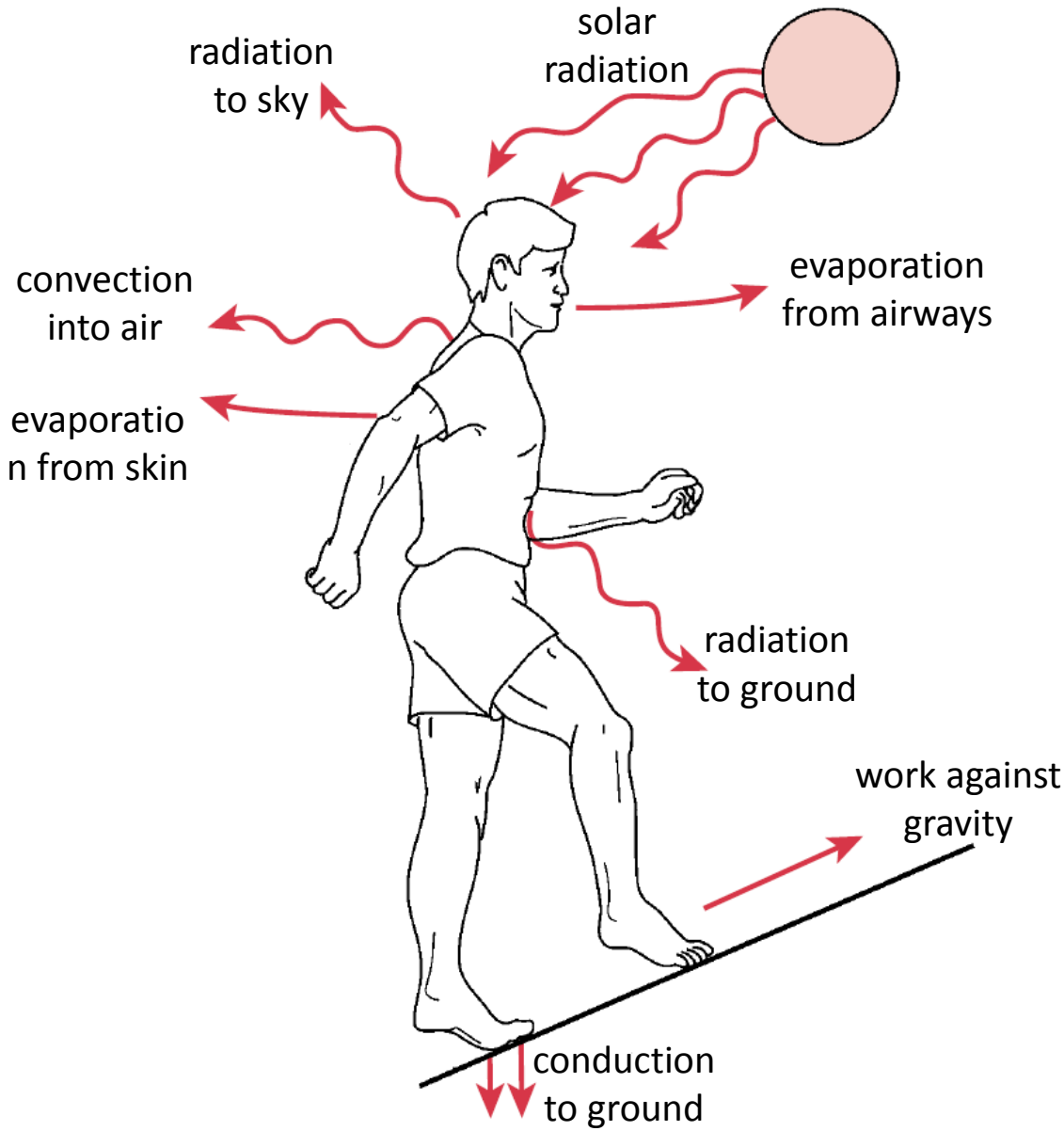
Pain receptors also react to a temperature change. Pain receptors are stimulated only at extreme hot temperature or extreme e cold temperature, and therefore are responsible, together with the warm and cold receptors for sensations of burning and freezing.



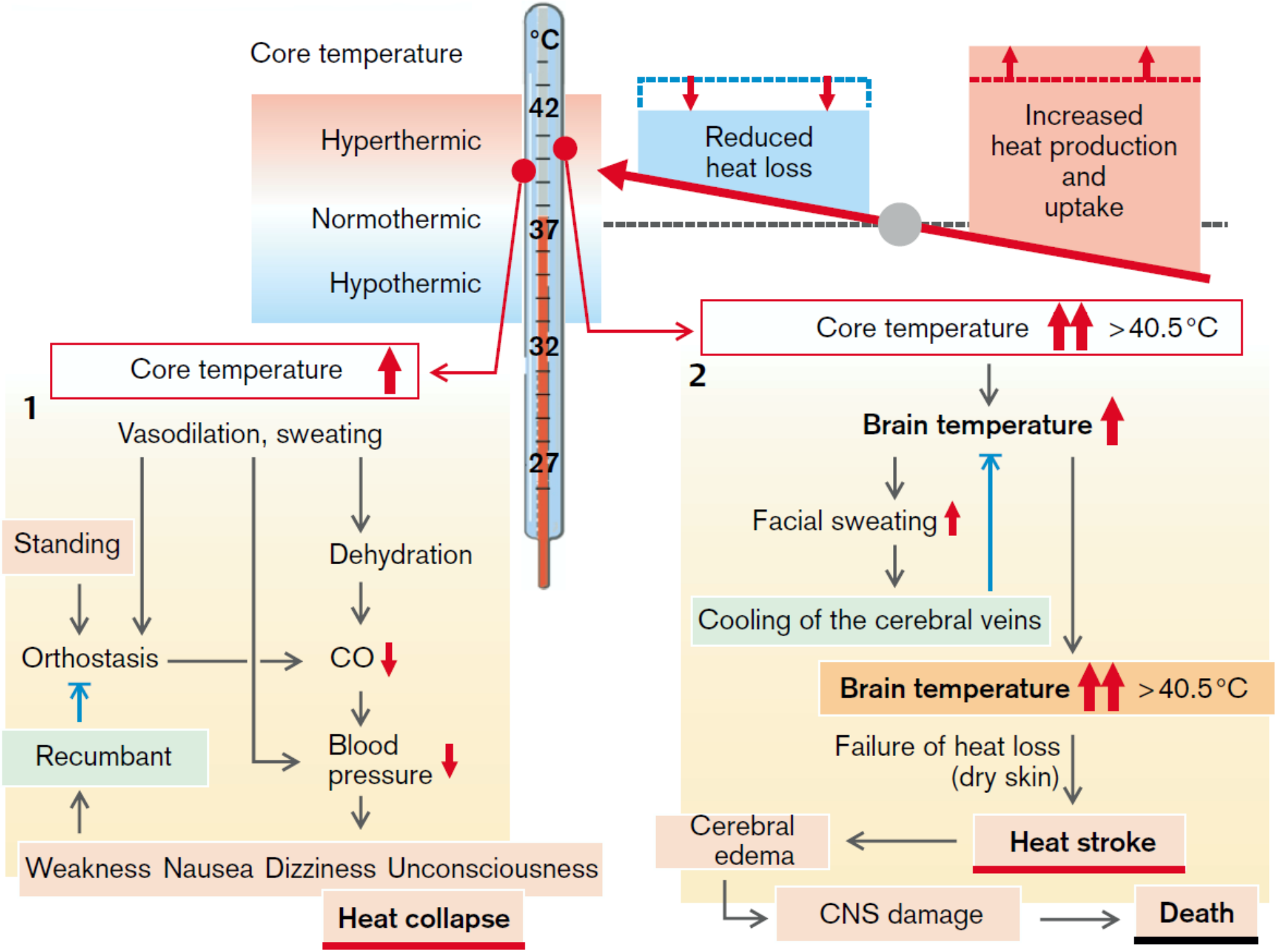
MECHANISMS OF HEAT LOSS

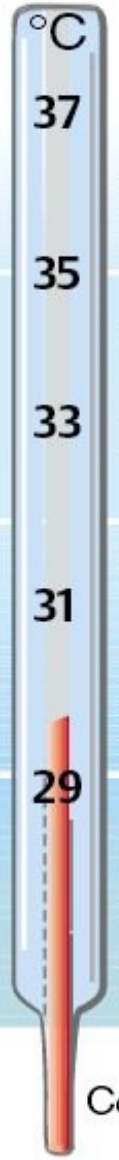


EXCHANGE OF ENERGY WITH THE ENVIRONMENT



yes, again
DWAYNE JOHNSON
KINOPOISK.RU


Core temperature
°C
42
37
32
27
Hyperthermic
Normothermic
Hypothermic
Reduced heat loss
Increased heat production and uptake
Core temperature
1
Vasodilation, sweating
Standing
Dehydration
Orthostasis
CO
Recumbant
Blood pressure
Weakness Nausea Dizziness Unconsciousness
Heat collapse
Core temperature >40.5 °C
2
Brain temperature
Facial sweating
Cooling of the cerebral veins
Brain temperature >40.5 °C
Failure of heat loss (dry skin)
Cerebral edema
Heat stroke
CNS damage
Death



Accidental hypothermia

Stage	Symptoms	Metabolism	Level of consciousness	Cardiovascular system, respiration	Rewarming
I Agitation	Cold tremors, pain (distal parts of limbs)	Metabolism ↑↑ Hyperglycemia O_2 consumption ↑	Wide awake and agitated ↓ Confused	Tachycardia, peripheral vasoconstriction Blood pressure ↑	Warm room, blankets
II Exhaustion	Muscle rigidity Pupillary reflex still active	Hypoglycemia Metabolism ↓	Hallucinations, somnolent ↓ Unconscious	Bradycardia Depressed breathing **Arrhythmias** ↓	Electric blanket, warm infusion, hemodialysis
III Paralysis	Wide, light insensitive pupils	Metabolism ↓↓	Coma	**Ventricular fibrillation** **Asystole** **Apnea**	Extracorporeal circulation